Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 53, No 2, Summer 2022 (143-154)
DOI: 10.22059/IJFCS.2020. 313800.654774

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۵۳، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۴۰۱ (ص۱۵۴-۱۴۳)

Morphological and quantitative yield response of peppermint and guar to simultaneous and relay intercropping ratios

Masoumeh Shahbazi[1], Aydin Khodaei Joghan[*2], Mohammad Reza Moradi Telavat [3], Ali Moshatati[4],
1,2,3,4. Department of Plant Production and Genetics Engineering, Agriculture Faculty, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.
(Received: November 18, 2020 - Accepted: February 14, 2021)

ABSTRACT
This study was conducted to evaluate peppermint and guar's morphological characteristics and yield reaction to different intercropping ratios under simultaneous and relay conditions at the research farm of Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan during 2017-2018 growing season. The experiment was conducted as a factorial arrangement in a randomized complete block design with four replications. Planting time at two levels including simultaneous and relay (Guar cultivation 45 days after peppermint emergence) and intercropping ratios at five levels including sole peppermint, sole guar, 50% peppermint + 50% guar, 25% guar + 75% peppermint and 25% peppermint + 75% guar were experimental factors. The results showed that the highest height and stem and leaf number of guar were obtained from sole cropping of this plant and 75% guar + 25% peppermint intercropping. In monoculture and 75% guar + 25% peppermint, guar forage yield was higher. The highest number of peppermint leaves (311) was observed in monoculture and the best treatment in terms of biological yield was the sole cultivation of peppermint (637 $Kg.ha^{-1}$). Finally, the results of this experiment showed that in terms of guar characteristics, monoculture treatment and 75% guar + 25% peppermint in simultaneous intercropping and in terms of peppermint traits, sole peppermint and 75% peppermint + 25% in relay planting conditions were the best treatments. Due to the favorable effects of adding a new species to the crop ecosystem, intercropping of these plants can be suggested.
Keywords: Forage quantity, intercropping pattern, legumes, medicinal plants, planting time.

واکنش مورفولوژیک و عملکرد کمی نعناع فلفلی و گوار به نسبت‌های کشت مخلوط هم‌زمان و تأخیری

معصومه شهبازی[۱]، آیدین خدایی جوقان[*۲]، محمدرضا مرادی تلاوت [۳]، علی مشتطی[۴]
۱و۲و۳و۴- به‌ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد، استادیار، دانشیار و استادیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، خوزستان.
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۸/۲۸ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۲۶)

چکیده
این پژوهش با هدف ارزیابی ویژگی‌های ریخت شناسی و عملکرد نعناع فلفلی و گوار، تحت تأثیر نسبت‌های کشت مخلوط هم‌زمان و تأخیری در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ و در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل زمان کاشت در دو سطح کشت هم‌زمان و تاخیری (کشت گوار ٤٥ روز بعد از نعناع فلفلی) و نسبت کشت در پنج سطح کشت خالص نعناع‌فلفلی، کشت خالص گوار، ۵۰ درصد نعناع‌فلفلی + ۵۰ درصد گوار، ۲۵ درصد گوار + ۷۵ درصد نعناع‌فلفلی و ۲۵ درصد نعناع‌فلفلی + ۷۵ درصد گوار بودند. نتایج نشان داد که بیشترین ارتفاع، تعداد شاخه فرعی و برگ گوار از کشت خالص آن و نسبت ۷۵ درصد گوار + ۲۵ درصد نعناع‌فلفلی در کاشت هم‌زمان به‌دست آمد. عملکرد علوفه گوار در تک کشتی و نسبت ۷۵ درصد گوار + ۲۵ درصد نعناع‌فلفلی و کاشت هم‌زمان بیشتر بود. بیشرین تعداد برگ نعناع فلفلی در کشت خالص به میزان ۳۱۱ برگ مشاهده‌شد و بهترین تیمار از نظر عملکرد ماده خشک نعناع فلفلی (٦٣٧ کیلوگرم در هکتار) کشت خالص بود. در نهایت نتایج این آزمایش نشان‌داد که از نظر ویژگی‌های گوار، کشت خالص و ۷۵ درصد گوار + ۲۵ درصد نعناع‌فلفلی در شرایط کاشت هم‌زمان و از نظر صفات نعناع فلفلی، کشت خالص و نسبت ۷۵ درصد نعناع‌فلفلی+ ۲۵ درصد گوار در شرایط کشت تأخیری بهترین تیمارها بودند. با توجه به اثرات مطلوب اضافه کردن یک گونه جدید به اکوسیستم زراعی، می‌توان کشت‌مخلوط این گیاهان را پیشنهاد کرد.
واژه‌های کلیدی: الگوی کشت مخلوط، بقولات، زمان کشت، کمیت علوفه، گیاهان دارویی.

* Corresponding author E-mail: a.khodaei@asnrukh.ac.ir

مقدمه

تنوع زیستی، یکی از ضرورت‌های کشاورزی بوم شناختی به شمار می‌رود و واردکردن گونه‌های زراعی که کارکردهایی مشابه نهاده‌های برون مزرعه‌ای دارند، وابستگی کشت‌بوم را کاهش و خوداتکایی و پایداری آن را افزایش می‌دهد. تنوع در مکان یعنی رشد هم-زمان چند گونه گیاهی در یک محل که می‌توان توسط کشت مخلوط گیاهان با اهداف مختلف به آن رسید (Siadat & Moradi Telavat, 2013).

استفاده از سامانه‌های کشت مخلوطی که از لگوم‌ها استفاده می‌کنند، می‌تواند در رسیدن به ثبات و پایداری در تولید بسیار مفید باشد. این سامانه‌ها از بعد اگرواکولوژیک، سبب کاهش ریسک آفات، بیماری‌ها و علف‌های‌هرز، بهبود تنوع زیستی، افزایش ماده آلی خاک، کاهش فرسایش و حفظ باروری خاک می‌شوند (Tabrizi & Koocheki, 2015). کشت مخلوط لگوم‌ها با سایر گیاهان، به‌عنوان یکی از راه‌های افزایش تولید علوفه و پروتئین در مناطق خشک و نیمه خشک توصیه شده است (Lithourgidis *et al*., 2011).

گوار یا لوبیای خوشه‌ای با اسم علمی *Cyamopsis tetragonoloba* L. گیاهی ارزشمند از خانواده بقولات است که در مناطق گرمسیری، رشد و عملکرد مناسبی دارد. این گیاه در برابر شرایط سخت محیطی سازگار است و توانایی رشد در شریط کمبود آب را دارد (Gresta *et al*., 2013). گوار مصارف متعددی در زمینه خوراک انسان، آرایشی و بهداشتی دارد و با توجه به رشد مطلوب، تولید برگ فراوان و محتوی پروتئین مناسب، به‌عنوان علوفه دام نیز از آن استفاده می‌شود.

با تلفیق گیاهان دارویی در سامانه‌های چندکشتی و ایجاد بوم‌نظام‌های متنوع، خدمات آن مانند پایداری خاک، کنترل فرسایش خاک، نفوظ آب، رسوب کربن و شکل گیری زیستگاه برای دشمنان طبیعی آفات و گرده‌افشان‌ها افزایش می‌یابد. از آن‌جا که در رابطه با گیاهان دارویی، تولید در شرایط حداقل مصرف نهاده-های شیمیایی به منظور جلوگیری از اثرات سوء آن‌ها بر سلامت انسان از اهمیت زیادی برخوردار است، کشت مخلوط گیاهان دارویی با سایر گیاهان به ویژه لگوم‌ها می‌تواند از طریق کاهش مصرف کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها در این راستا مؤثر باشد (Koocheki *et al*., 2014).

نعناع فلفلی (*Mentha Piperita* L.) متعلق به خانواده نعناییان، گونه‌ای هیبرید است که اسانس آن مصارف دارویی،غذایی، آرایشی و بهداشتی فراوانی دارد (Amani Machiani *et al*., 2018). اسانس نعناع فلفلی در غده‌های پیکر رویشی گیاه ساخته و ذخیره می-شود. برگ‌ها دو تا ۲/۷ درصد اسانس دارند و به‌طور متوسط مقدار اسانس در اندام‌های هوایی گیاه یک تا ۱/۵ درصد است (Rafieiolhossaini *et al*., 2019).

گیاهان در سامانه مخلوط را می‌توان به‌گونه‌ای انتخاب کرد که یک گونه مستقیماً از تغییرات محیطی که به‌وسیله دیگر گونه‌ها پدید می‌آید، سود ببرد (Rezaei Chianeh *et al*., 2014). از دیدگاه بوم شناختی، زمانی که گونه‌ها تقاضا برای منابع در زمان-های مختلف دارند و منابع را در نواحی مختلف جذب می‌کنند، تکمیل‌کنندگی اتفاق می‌افتد (Tabrizi & Koocheki, 2015). در طراحی نظام چندکشتی پس از انتخاب ترکیب گونه‌ای مناسب، الگوی استقرار و آرایش کشت گونه‌ها اهمیت دارد. در این زمینه Momen Keykha *et al*., (2017) نشان-دادند که بیشترین عملکرد دانه آفتابگردان و گوار به‌ترتیب در تیمار مخلوط ۲۵ درصد گوار + ۷۵ درصد آفتابگردان و ۷۵ درصد گوار + ۲۵ درصد آفتابگردان تولید شد و بالاترین نسبت برابری زمین (۲/۳۷) از مخلوط ۷۵ درصد گوار + ۲۵ درصد آفتابگردان به‌دست آمد. در آزمایش کشت مخلوط آویشن دنایی و یونجه بمی، با افزایش نسبت آویشن به یونجه، عملکرد آویشن افزایش یافت و بیش‌ترین نسبت برابری زمین در تیمار ۷۵ درصد آویشن+ ۲۵ درصد یونجه معادل ۱/۰۴ مشاهده شد (Kodori & Sharifi Ashourabadi, 2015).

ویژگی‌های مورفولوژیک گیاهان در کشت مخلوط، تحت تأثیر الگوهای کشت قرار می‌گیرد. در پژوهشی که برای بررسی الگوهای کشت مخلوط نعناع‌فلفلی و

سویا آن‌جام شد، تعداد برگ در هرگره و ارتفاع میان‌گره‌ها در مخلوط نسبت به کشت خالص افزایش‌یافت (Maffei & Mucciarelli, 2003). پژوهشگران در بررسی الگوهای مختلف کشت مخلوط نعناع فلفلی و باقلا نشان‌دادند که بیشترین ارتفاع بوته باقلا به تیمار یک نعناع فلفلی + سه ردیف باقلا و دو ردیف نعناع فلفلی + سه ردیف باقلا و کم‌ترین ارتفاع بوته به کشت خالص باقلا تعلق داشت، همچنین بیشترین میزان عملکرد زیستی در واحد سطح مخلوط نیز در کشت خالص باقلا بدون تفاوت معنی‌دار با تیمار یک به سه به‌دست آمد (Amani Machiani *et al*., 2017).

تأثیر کشت مخلوط گیاهان دارویی و لگوم‌ها در پژوهش‌های مختلفی مورد بررسی قرار گرفته‌است. افزایش عملکرد ماده خشک و اسانس نعناع‌فلفلی نسبت به کشت خالص در کشت مخلوط نعناع‌فلفلی و عدس گزارش شده‌است (Ebrahimi *et al*., 2017). در کشت مخلوط باقلا و زیره‌سبز، بیشترین اجزای عملکرد باقلا در الگوی کشت مخلوط یک ردیف باقلا+ یک ردیف زیره سبز مشاهده شد و بالاترین نسبت برابری زمین و مجموع عملکرد نسبی در همه سطوح کودی، به الگوی کشت مخلوط ردیفی یک به یک تعلق داشت (Sakhavi *et al*., 2017).

مزیت نظام‌های کشت مخلوط برای افزایش عملکرد، به سهم هر یک از گونه‌ها در کشت مخلوط، فاصله قرارگیری از یکدیگر و تداخل زمان رشد گیاهان دارد (Shabahang *et al*., 2013). در ارزیابی کشت مخلوط عدس و نعناع‌فلفلی گزارش شد که بیشترین ارتفاع و تعداد برگ نعناع‌فلفلی در کشت خالص در تاریخ کاشت اول و مصرف ۱۰۰درصد نیتروژن مشاهده شد، اما با کاهش میزان کود مصرفی نیتروژن به ۷۵ درصد و ۵۰ درصد، بیشترین تعداد برگ در بوته نعناع‌فلفلی، در تیمارهای کشت مخلوط به‌ویژه نسبت ۶۶ درصد نعناع و ۳۳ درصد عدس مشاهده شد (Ebrahimi *et al*. 2017).

با توجه به رویکرد روز افزون به استفاده از گیاهان دارویی و جایگاه ویژه کشت آن در نظام‌های سنتی کشاورزی ایران و نیز تقاضا برای محصولات طبیعی، نقش این گیاهان در چرخه اقتصادی دارای اهمیت است. از طرف دیگر، ارتقای عملکرد کمی و کیفی گیاهان علوفه‌ای ضروری به نظر می‌رسد؛ بنابراین این پژوهش با هدف ارزیابی اثر نسبت‌های کشت هم‌زمان و تاخیری مخلوط نعناع‌فلفلی و گوار بر رشد و عملکرد کمی در شرایط آب و هوایی خوزستان اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در شهر ملاثانی در ۳۶ کیلومتری شمال شرقی اهواز و در حاشیه شرقی رودخانه کارون با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه، طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه وارتفاع ۳۴ متر از سطح دریا اجرا شد. بر اساس آمار هواشناسی بلند مدت، شهر ملاثانی با داشتن بارندگی سالیانه حدود ۲۱۳ میلی‌متر، متوسط دمای ۲۳ و حداکثر و حداقل دمای به‌ترتیب ۳۶ و ۹/۵ درجه سلسیوس، از لحاظ اقلیمی جزو مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود. به‌منظور بررسی خصوصیات خاک مزرعه آزمایشی، قبل از شروع آزمایش، نمونه‌ای مرکب از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری تهیه شد و در آزمایشگاه از لحاظ برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول۱).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه (عمق صفر-۳۰ سانتی‌متر)

Table 1- Physiochemical properties of the experimental fild soil (depth of 0 -30 cm)

EC ($ds.m^{-1}$)	3.7
pH	7.32
Nitrogen (%)	0.026
Phosphorus ($mg. kg^{-1}$)	8.31
Potassium ($mg. kg^{-1}$)	124
OM (%)	0.78
Clay (%)	42
Silt (%)	41
Sand (%)	17

آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک-های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. زمان کاشت در دو سطح شامل کشت هم‌زمان (T1) و کشت تأخیری (کشت گوار ۴۵ روز بعد از نعناع فلفلی) (T2) و نسبت‌های کاشت در پنج سطح شامل کشت خالص نعناع‌فلفلی(P1)، کشت خالص گوار(P2)، ۵۰ درصد نعناع‌فلفلی + ۵۰ درصد گوار(P3)، ۲۵ درصد گوار + ۷۵ درصد نعناع‌فلفلی(P4) و ۲۵ درصد نعناع‌فلفلی + ۷۵ درصد گوار(P5)، عوامل آزمایشی بودند.

برای آماده‌سازی زمین، ابتدا آبیاری اولیه صورت گرفت. بعد از این‌که وضعیت خاک به حالت ظرفیت زراعی رسید، زمین با استفاده از گاوآهن برگردان‌دار و دو دیسک عمود بر هم آماده شد. در ادامه عملیات تسطیح به وسیله ماله آن‌جام‌گرفت و سپس نقشه کلی طرح روی زمین رسم و محل قرار گرفتن نهرها، بلوک‌ها و کرت‌ها مشخص‌شد.

کشت به‌صورت مسطح در اسفند ماه (۱۳۹۶/۱۲/۲۴) انجام شد. بین کرت‌ها نیم متر فاصله نکاشت و فاصله بین تکرارها دو متر در نظر گرفته‌شد و فاصله خطوط کاشت، ۴۰ سانتی متر بود. در کشت‌های خالص نعناع‌فلفلی و گوار و کشت مخلوط ۵۰ درصد نعناع‌فلفلی + ۵۰ درصد گوار، عرض هر کرت دو متر و طول آن چهار متر در بود و در هر کرت پنج خط کشت شد. در کشت مخلوط ردیفی ۷۵ درصد نعناع‌فلفلی + ۲۵ درصد گوار و ۲۵ درصد نعناع‌فلفلی + ۷۵ درصد گوار، هر کرت شامل هشت خط و طول و عرض آن به‌ترتیب چهار و چهار متر بود. ریزوم‌های ۲۰ سانتی‌متری نعناع‌فلفلی به‌صورت دستی در عمق شش سانتی‌متری و بذر گوار (توده سراوان) در عمق چهار سانتی‌متری کاشته شد. تراکم نعناع‌فلفلی ۱۲ (Amani Machiani *et al.*, 2017) و تراکم گوار، ۷۵ بوته در متر مربع (Ahmadi Nouraldinvand *et al.*, 2018) در نظر گرفته شد. در کرت‌های مربوط به تیمارهای کشت مخلوط تأخیری، بذرهای گوار ۴۵ روز پس از کاشت نعناع فلفلی کشت شدند.

آبیاری به روش سطحی و بسته به وضعیت رطوبت خاک و شرایط آب و هوایی انجام‌شد. آبیاری اول منطبق بر تاریخ کاشت و بقیه دفعات آبیاری بسته به نیاز گیاه انجام‌گرفت. طی دوره زمانی اجرای آزمایش در سطح مزرعه، موردی از لحاظ آفات و بیماری‌ها مشاهده نشد. علف‌های‌هرز به‌صورت دستی وجین شدند و از کاربرد هرگونه علف‌کش خودداری شد.

دو هفته قبل از برداشت و به منظور اندازه‌گیری شاخص سبزینگی، از دستگاه کلروفیل‌متر (مینولتای ژاپن) که قابل حمل و کوچک است، استفاده شد؛ به این صورت که در یک کرت، ۱۰ بوته انتخاب شدند و در هر بوته از آخرین برگ کاملا توسعه یافته در سه نقطه ابتدا، وسط و انتها، سبزینگی اندازه‌گیری و میانگین گیری‌شد.

پس از رسیدگی هر گیاه، مساحت برداشت با در نظر گرفتن نسبت‌های کشت مخلوط و با احتساب حاشیه برداشت شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۲ درجه سلسیوس قرار داده شدند و مزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. برای محاسبه وزن تر پس از برداشت، ابتدا اجزای مخلوط جدا شدند و سپس وزن خشک آن‌ها با ترازو اندازه‌گیری‌شد. برای اندازه‌گیری ماده خشک، ابتدا ده بوته از هر دو گیاه در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ تا ۷۲ ساعت خشک شدند و با توزین ماده خشک، درصد ماده خشک محاسبه شد (Kiani *et al.*, 2015). برای اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک، ۱۰ بوته از هر گیاه انتخاب و ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی و برگ، وزن برگ و ساقه و نسبت وزن برگ به ساقه اندازه‌گیری و با میانگین‌گیری محاسبه شد. محاسبه عملکرد در مخلوط از طریق تقسیم عملکرد دو گیاه بر سطحی از زمین که توسط هر دو گونه اشغال شده بود، محاسبه شد.

برای اندازه گیری اسانس، پس از خشکاندن گیاهان برداشت شده، ۴۰ گرم نمونه به روش تقطیر با آب، با استفاده از دستگاه کلونجر به مدت سه ساعت بعد از به جوش آمدن، اسانس گیری‌شد و بازده اسانس بر اساس وزن خشک نمونه محاسبه شد (Hassiotis *et al.*, 2014) و سپس میزان اسانس از رابطه (۱) به‌دست آمد. نسبت برابری زمین از رابطه‌ی (۲)

محاسبه شد که در آن، Y_{ab} و Y_{ba} به‌ترتیب نشان دهنده عملکرد گونه‌های a و b در مخلوط و Y_{aa} و Y_{bb} به‌ترتیب نشان دهنده عملکرد گونه‌های a و b در تک کشتی است (Yilmaz *et al*., 2015).

رابطه (۱) (۱۰۰) × (وزن خشک گیاه/ وزن اسانس) = میزان اسانس (درصد)

رابطه (۲) $LER= (Y_{ab}/Y_{aa})+(Y_{ba}/Y_{bb})$

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد و برای تجزیه آماری و مقایسه میانگین صفات مربوط به نعناع‌فلفلی، به دلیل وجود کرت موهومی در شرایط کشت خالص نعناع‌فلفلی، تجزیه واریانس به‌صورت تک عاملی و مقایسه میانگین بر اساس ترکیبات تیماری انجام شد.

نتایج و بحث

مورفولوژی گوار

نتایج تجزیه واریانس نشان‌داد که اثر نسب کشت بر وزن برگ و ساقه، قطر ساقه، نسبت وزن برگ به ساقه گوار در سطح احتمال پنج درصد و بر ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی و برگ گوار در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر زمان کشت بر وزن و تعداد برگ در سطح احتمال پنج درصد و بر ارتفاع و تعداد شاخه فرعی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد اما اثر این عامل بر وزن و قطر ساقه و نسبت وزن برگ به ساقه گوار معنی‌دار نشد. اثر برهمکنش عوامل آزمایشی بر تعداد شاخه فرعی در سطح احتمال پنج درصد و بر ارتفاع بوته و تعداد برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. وزن برگ و ساقه، قطر ساقه و نسبت وزن برگ به ساقه تحت تأثیر برهمکنش عوامل آزمایشی قرار نگرفتند (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات گوار تحت تاثیر نسبت و زمان کشت مخلوط گوار و نعناع فلفلی

Table 2- Variance analysis of Guar attributes influenced by ratio and time of Guar and Peppermint intercropping

S.O.V	df	Mean of Squares							
		Plant Height	Stem number per plant	Leaf Number	Leaf Weight	Stem Weight	Leaf/Stem Ratio	Forage Yield	Spad
Block	3	138.06**	2.64^{ns}	19.24^{ns}	6.36**	13.88**	0.09^{ns}	128.73^{ns}	60.04^{ns}
Ratio	3	148.02**	24.75**	314.60**	3.66*	3.67*	0.22*	202499.47**	51.29^{ns}
Time	1	186.53**	17.43**	61.88*	8.68*	3.89^{ns}	0.12^{ns}	111024.38**	154.00*
R*T	3	42.81*	6.60*	54.74**	0.94^{ns}	0.13^{ns}	0.09^{ns}	8918.34*	8.03^{ns}
Error	21	10.40	1.83	8.25	1.19	0.94	0.05	2428.97	32.83
CV	-	12.01	14.42	7.71	20.61	22.54	16.8	11.22	10.90

ns، * و **: به‌ترتیب نشان دهنده غیر معنی‌دار و معنی داری در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: Non significant and significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.

بیشترین ارتفاع بوته از نسبت گوار خالص در شرایط کشت هم‌زمان (T_1P_2) به میزان ۳۴/۲۷ سانتی‌متر وکم‌ترین ارتفاع از تیمار ۲۵ درصدگوار+ و ۷۵ درصد نعناع‌فلفلی در کشت تأخیری (T_2P_4) به میزان ۱۷/۵ سانتی‌متر به‌دست آمد (شکل ۱a). همچنین در آزمایش حاضر، بین تیمار ۷۵ درصد گوار + ۲۵ درصد نعناع‌فلفلی و تک کشتی در کشت هم‌زمان گوار از نظر ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج تحقیقات مختلف در مورد تأثیر نسبت کشت بر ارتفاع گیاه بسیار متفاوت است، درحالی‌که در آزمایش Rezvani Moghadam & Moradi (2012) کشت مخلوط سبب افزایش ارتفاع گیاه نسبت به کشت خالص شد، در آزمایش Amani Machiani *et al.* (2017) تفاوت قابل ملاحظه‌ای در تیمارهای نسبت کشت از نظر ارتفاع مشاهده نشد. در بررسی کشت مخلوط سیاهدانه و نخود گزارش‌شد که بیشترین ارتفاع بوته سیاهدانه متعلق به نسب کاشت ۲۵:۷۵ (نخود: سیاهدانه) بود که با نتایج آزمایش حاضر همخوانی دارد (Gholinezhad & Rezaei chianeh, 2014). این گونه به نظر می‌رسد که در این مطالعه،

رقابت برون‌گونه‌ای در کشت مخلوط گوار و نعناع فلفلی، بیش‌تر از رقابت درون‌گونه‌ای بوده است که باعث کاهش ارتفاع بوته گوار در کشت مخلوط گوار با نعناع‌فلفلی شده است.

در پژوهش حاضر، بیشترین شاخه‌فرعی (۱۲/۲۵) متعلق به کشت خالص گوار در کاشت هم‌زمان (P_2T_1) و کمترین آن به نسبت کشت ۲۵ درصد گوار + ۷۵ درصد نعناع‌فلفلی در کاشت هم‌زمان (P_4T_2) به میزان ۵/۵۵ تعلق داشت (شکل 1b). در آزمایش Khorramdel *et al.* (2016) بیشترین تعداد شاخه‌جانبی در بوته در نسبت کشت مخلوط ۷۵ درصد زنیان + ۲۵ درصد لوبیا با ۱۸ شاخه در بوته مشاهده شد که با نتایج این پژوهش همخوانی نداشت. برگ، نقش مهمی در دریافت تشعشعات فعال فتوسنتزی و مقدار فتوسنتز دارد. بر اساس نتایج، بیشترین تعداد برگ به نسبت کشت خالص گوار در حالت هم‌زمان (P_2T_1) به مقدار ۴۶/۳۷ و کمترین تعداد برگ به نسبت ۵۰ درصد نعناع‌فلفلی + ۵۰ درصد گوار در کشت تأخیری (P_3T_2) به میزان ۲۸/۹۲ تعلق داشت (شکل 1c).

افزایش تعداد برگ در کشت خالص گوار در هر دو شرایط کشت هم‌زمان و تأخیری را می‌توان به افزایش ارتفاع و شاخه‌جانبی در این تیمار نسبت داد که باعث افزایش تعداد برگ شده است (شکل 1a,b). احتمالا رقابت درون‌گونه‌ای شدید در شرایط کشت خالص، سبب افزایش ارتفاع گیاهان برای کسب نور و در نتیجه افزایش تعداد شاخه‌فرعی و برگ شده است. در آزمایشی، بیش‌ترین تعداد برگ ذرت در کشت خالص و کم‌ترین در کشت مخلوط ذرت و باقلا مشاهده شد (Rezaei chianeh *et al.*, 2011). مقایسه میانگین نشان داد که وزن برگ در شرایط کشت هم‌زمان (T_1) (۵/۸ گرم)، از کشت تأخیری (T_2) (۴/۷ گرم) بیشتر بود (جدول ۳). به نظر می‌رسد که رقابت بیشتر در شرایط کشت هم‌زمان، سبب افزایش رشد ارتفاع و در نتیجه تعداد برگ شده‌است. در میان نسبت‌های کشت، بیشترین وزن برگ از نسبت کشت ۷۵ درصد گوار + ۲۵ درصد نعناع‌فلفلی (P_5) به مقدار ۵/۹ گرم به‌دست آمد.

جدول ۳- مقایسه میانگین وزن برگ و ساقه و نسبت وزن برگ به ساقه گوار تحت تأثیر نسبت و زمان کشت

Table 3. Mean comparison the effects of guar and peppermint intercropping ratio and time on leaf and stem weight and leaf/stem ratio in guar.

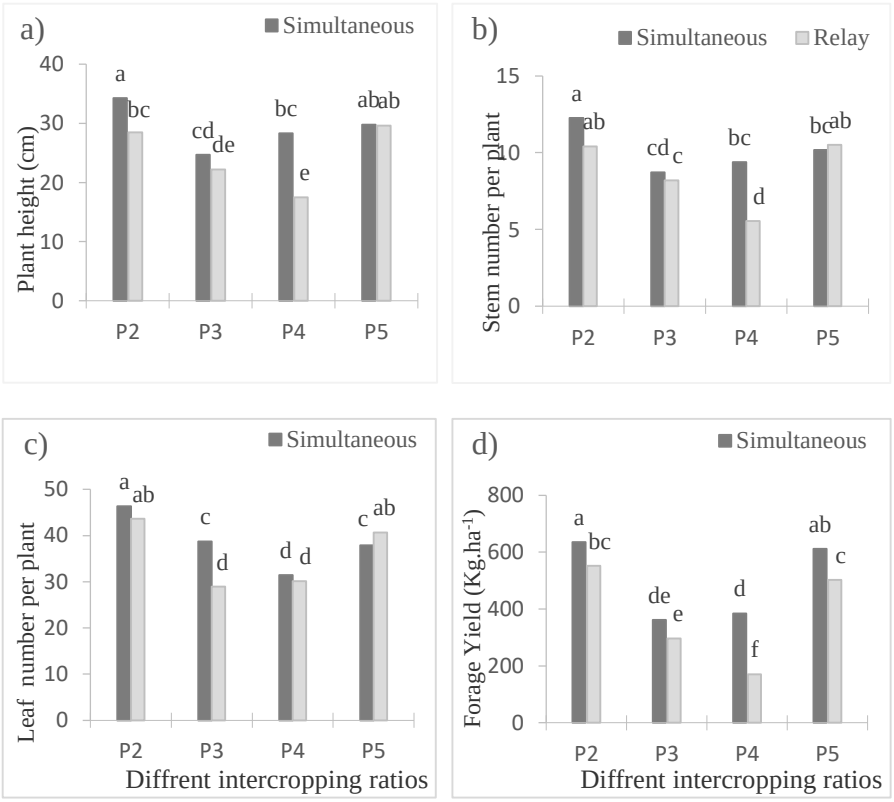
Treatment	Leaf Weight	Stem Weight	Leaf/Stem Ratio
Time			
T_1	5.83^{a}	4.65^{a}	1.44^{a}
T_2	4.79^{b}	3.95a	1.32^{a}
Intercropping ratio			
P_2	5.82^{ab}	5.20^{a}	1.56^{a}
P_3	4.73^{b}	3.62^{b}	1.48^{ab}
P_4	4.72^{b}	3.97^{b}	1.25^{bc}
P_5	5.96^{a}	4.41^{ab}	1.22^{c}

حروف مشابه در هر ستون، نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD و در سطح احتمال پنج درصدمی‌باشد.P2: کشت خالص گوار، P3: ۵۰ درصد نعناع‌فلفلی + ۵۰ درصد گوار، P4: ۲۵ درصد گوار + ۷۵ درصدنعناع‌فلفلی و P5: ۲۵ درصد نعناع‌فلفلی + ۷۵ درصد گوار . T_1: کشت هم‌زمان نعناع‌فلفلی و گوار، T_2: کشت تأخیری نعناع‌فلفلی و گوار.

Same letters in the same column are not significantly different at $p<0.05$ based on LSD test. P2: sole guar, P3: 50% peppermint + 50% guar, P4: 25% guar + 75% peppermint, P5: 25% peppermint + 75% guar. T_1: Simultaneous intercropping, T_2: Relay intercropping.

در مورد وزن ساقه، بیشترین وزن ساقه (۵/۲ گرم) در کشت خالص گوار مشاهده شد که با نسبت کشت ۷۵ درصد گوار + ۲۵ درصد نعناع‌فلفلی (P_5) تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳). در پژوهشی گزارش شد که بیشترین وزن ساقه از کشت خالص و نسبت اختلاط ۲۵: ۷۵ لوبیاتپاری-ارزن به‌دست آمد (Badakhshan *et al.*, 2018). این‌گونه به نظر می‌رسد که در شرایط کشت خالص، افزایش رقابت درون گونه‌ای سبب افزایش ارتفاع و در نتیجه وزن ساقه شده است. با توجه به نتایج حاصل از مقایسه میانگین،

کشت گوار خالص (P_2) با میزان ۱/۵۶ گرم، بیشترین نسبت وزن برگ به ساقه را دارا بود و کمترین آن از نسبت کشت ۲۵ درصد نعناع‌فلفلی + ۷۵ درصد گوار (P_5) با مقدار ۱/۲۲ گرم به‌دست آمد (جدول ۳).



شکل ۱- تاثیر نسبت‌های مختلف و زمان کشت مخلوط گوار و نعناع فلفلی بر ارتفاع (a)، تعداد شاخه فرعی (b)، تعداد برگ در بوته (c) و عملکرد علوفه گوار (d). (P2: کشت خالص گوار، P3: ۵۰ درصد نعناع‌فلفلی + ۵۰ درصد گوار، P4: ۲۵ درصد گوار + ۷۵ درصدنعناع‌فلفلی، P5: ۲۵ درصد نعناع‌فلفلی + ۷۵ درصد گوار). حروف مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمونLSD می‌باشد.

Figure 1. Effect of different ratios and time of intercropping on plant height (a), stem (b) and Leaf number per plant (c) and Forage yield (d) of guar. (P2: pure cultivation of guar, P3: 50% peppermint + 50% guar, P4: 25% guar + 75% peppermint, P5 25% peppermint + 75% Guar). Column with similar letters are not significantly different at $p<0.05$ based on LSD test.

عملکرد علوفه گوار

نتایج تجزیه واریانس نشان‌داد که اثر نسبت و زمان کاشت و برهمکنش عوامل آزمایشی در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد علوفه معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد علوفه در مخلوط در کاشت همزمان و تک کشتی گوار (P_2T_1) به میزان ۶۳۴/۸۷۱ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با نسبت کشت ۷۵ درصد گوار + ۲۵ درصد نعناع‌فلفلی (P_5T_1) به میزان ۶۱۱/۳۹ کیلوگرم نداشت و کمترین عملکرد آن در مخلوط، مربوط به کاشت تأخیری و نسبت ۷۵ درصد نعناع‌فلفلی + ۲۵ درصد گوار (P_4T_2) بود (شکل ۱d). به‌طورکلی، عملکرد علوفه گوار در کشت هم‌زمان از کشت تاخیری بیشتر بود. احتمالا رشد اولیه بیشتر نعناع فلفلی (کشت ۴۵ روز زودتر از گوار)، سبب تقویت این گیاه در رقابت شده است که این مسأله کاهش رشد و عملکرد گوار را در پی داشته است. در این آزمایش، نسبت کشت ۷۵ درصد گوار + ۲۵ درصدنعناع‌فلفلی، تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد علوفه با کشت خالص نداشت. با توجه به اثرات مطلوب اضافه کردن یک گونه جدید به اکوسیستم زراعی

می‌توان تیمار ۷۵ درصد گوار + ۲۵ درصد نعناع‌فلفلی را تیماری مطلوب به‌حساب آورد. برتری زیستی زراعت مخلوط نسبت به کشت خالص وقتی است که رقابت بین گونه‌ای برای منابع رشد نسبت به رقابت درون‌گونه‌ای کمتر باشد. در بررسی کشت مخلوط زیره سبز و نخود گزارش‌شد که بیشترین عملکرد زیستی نخود (۱۴۵۳/۴۷ کیلوگرم در هکتار) و زیره (۶۵۱/۰۴ کیلوگرم در هکتار) به کشت خالص و کمترین آن در زیره (۲۳۴/۳۷ کیلوگرم در هکتار) به تیمار (۸۰ درصد زیره + ۲۰ درصد نخود) با ۶۵ درصد کاهش نسبت به تک کشتی و در نخود به تیمار (۱۰۰ درصد زیره سبز + ۲۰ درصد نخود) با ۲۷۹/۸۶ کیلوگرم در هکتار و ۸۱ درصد کاهش نسبت به تک کشتی نخود تعلق داشت که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد (Zarifpour & Nassiri Mahallati, 2014).

شاخص سبزینگی گوار

نتایج نشان داد که اثر زمان کشت بر شاخص سبزینگی، در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین شاخص عدد کلوفیل‌متر در کشت هم‌زمان (T_1) به میزان ۵۴/۷۵ و کمترین آن در کشت تأخیری (T_2) به میزان ۵۰/۳۶ مشاهده شد که اختلاف بین این دو در حدود هشت درصد بود. بین میزان کلروفیل و عملکرد گیاهان، همبستگی مثبتی وجود داشت که نشان دهنده اهمیت حفظ میزان مطلوب این رنگدانه برای تولید عملکرد بالا می‌باشد. احتمالاً در شرایط کشت زودتر، استقرار سریع‌تر گیاه گوار نسبت به کشت دیرتر، سبب بهبود قدرت استفاده گیاه از عناصر غذایی خاک و عوامل محیطی شده که این عامل، افزایش میزان کلروفیل را در پی داشته است.

مورفولوژی نعناع فلفلی

نتایج تجزیه واریانس نشان‌داد که اثر تیمارهای آزمایشی (زمان و نسبت کاشت) بر تمامی صفات مورفولوژیک به استثنای شاخص سبزینگی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴).

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات نعناع فلفلی تحت تاثیر نسبت و زمان کشت مخلوط گوار و نعناع فلفلی

Table 4. Variance analysis of peppermint properties affected by ratio and time of guar and peppermint intercropping

		Mean of Squares						
S.O.V		Plant	Leaf	Leaf	Stem	Biological	Spad	Essential oil
Replication	3	25.70^{ns}	2206.10^{ns}	207.14^{ns}	100.97^{ns}	1720.65^{ns}	12.41^{ns}	0.06^{ns}
Treatment	6	114.14**	7016.93**	425.15**	562.24**	94.342.40**	9.61^{ns}	0.62**
Error	18	8.97	1209.88	76.05	39.45	4724.78	29.36	0.05
CV (%)	-	6.95	13.75	17.22	23.00	17.19	10.42	12.95

ns ، * و **: به‌ترتیب نشان دهنده غیر معنی‌دار و معنی داری در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: Non significant and significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.

بیشترین ارتفاع بوته نعناع‌فلفلی به نسبت کاشت نعناع‌فلفلی خالص (P_1) و نسبت کاشت ۷۵ درصد نعناع‌فلفلی+ ۲۵ درصد گوار، در شرایط کشت تأخیری (P_4T_2) به میزان ۵۱/۷۵ سانتی‌متر و ۴۸/۷۶ سانتی‌متر و کمترین آن به کشت ۲۵ درصد نعناع‌فلفلی + ۷۵ درصد گوار در شرایط کاشت هم‌زمان (P_5T_1) برابر با ۳۷/۴۰ سانتی‌متر تعلق داشت (جدول 5). ارتفاع بوته تحت تأثیر شرایط رویشی گیاه قرار می‌گیرد، به‌طوری‌که هر جا از رقابت برون‌گونه‌ای در جهت کسب نور کاسته می‌شود، ارتفاع بوته نیز کاهش می‌یابد. اختلاف ارتفاع گیاه در کشت مخلوط می‌تواند به‌دلیل رقابت برای نور، آب و در دسترس بودن مواد غذایی از جمله نیتروژن باشد. به‌نظر می‌رسد که رقابت درون‌گونه ای بیشتر در کشت خالص، سبب افزایش ارتفاع گیاه نعناع‌فلفلی شده است. در کشت مخلوط ماشک با یولاف وحشی نشان داده شد که کاهش یا افزایش ارتفاع بوته گیاهان، به شدت رقابت بین دو گیاه بستگی دارد، به طوری‌که ارتفاع بوته در صورت رقابت شدید، افزایش می‌یابد که دلیل آن، به سایه اندازی و رقابت نوری بین بوته‌ها نسبت

داده شد (Tuna & Orak, 2007).

بر اساس نتایج، بیشترین تعداد برگ نعناع مربوط در کشت خالص نعناع‌فلفلی (P_1) به میزان ۳۱۱/۷۳ و کمترین آن به نسبت کاشت ۲۵ درصد نعناع‌فلفلی + ۷۵ درصد گوار در شرایط کاشت هم‌زمان (P_5T_1) برابر با ۲۰۵/۸۸ مشاهده شد که تفاوت تعداد برگ در این دو تیمار، در حدود ۳۴ درصد بود (جدول ۵). محققین در کشت مخلوط نعناع‌فلفلی و شنبلیله نشان دادند که بیشترین تعداد برگ (۳۶۰) به کشت خالص نعناع‌فلفلی تعلق داشت (Ebrahim Ghochi *et al*., 2017).

نتایج مقایسه میانگین حاکی از آن بود که بیشترین وزن ساقه در تیمار کشت نعناع‌فلفلی خالص (P_1) به میزان ۴۸/۳۷ گرم و کمترین آن در تیمار ۵۰ درصد نعناع‌فلفلی ۵۰ درصد گوار (P_3T_1) به میزان۸/۹۵ گرم مشاهده شد (جدول ۵). به‌نظر می‌رسد که افزایش رقابت درون‌گونه‌ای در شرایط کشت خالص، سبب افزایش ارتفاع گیاه و در نتیجه افزایش وزن ساقه می‌شود.

عملکرد ماده خشک نعناع فلفلی

نتایج تجزیه واریانس نشان‌داد که اثر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد در مخلوط در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). با توجه به نتایج مقایسه میانگین، بیشترین عملکرد در مخلوط به تیمارکشت خالص نعناع‌فلفلی (P_1) به میزان ۶۳۷/۷۳ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن به تیمار ۲۵ درصد نعناع‌فلفلی + ۷۵ درصد گوار در شرایط کاشت هم‌زمان (P_5T_1) به میزان ۲۵۰/۳۷ کیلوگرم در هکتار تعلق داشت (جدول ۵). Verma *et al* (2013) در کشت مخلوط نعناع‌فلفلی و شمعدانی گزارش‌کردند که عملکرد نعناع‌فلفلی در کشت مخلوط با شمعدانی، ۱۱/۴ درصد نسبت به کشت خالص آن کاهش پیداکرد. Amani Machiani *et al*(2017) در کشت مخلوط نعناع‌فلفلی و باقلا نشان دادند که بالاترین عملکرد در مخلوط، در کشت خالص (۳۲۰ گرم در متر مربع) و نسبت دو به سه (باقلا به نعناع‌فلفلی) مشاهده شد که با نتایج این پژوهش همخوانی داشت.

شاخص سبزینگی نعناع فلفلی

شاخص سبزینگی، تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت (جدول ۴). به دلیل ماهیت تیمارهای به‌کاربرده شده، به نظر می‌رسد که این تیمارها، بیشتر بر صفات عملکرد و رقابت نقش داشته‌اند و میزان کلروفیل گیاه، تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفته است.

میزان اسانس نعناع فلفلی

میزان اسانس نعناع‌فلفلی در سطح احتمال یک درصد، تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت (جدول ۴). بیشترین درصد اسانس مربوط درتیمار ۵۰ درصد نعناع‌فلفلی + ۵۰ درصد گوار در شرایط کاشت هم‌زمان (P3T1) به میزان۲/۱ درصد و کمترین آناسانس در تیمار ۷۵ درصد نعناع‌فلفلی + ۲۵ درصد گوار در شرایط کاشت تأخیری (P4T2) به میزان یک درصد تولید شد (جدول ۵). افزایش درصد اسانس در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص را می‌توان به افزایش فراهمی نیتروژن از طریق تثبیت زیستی نیتروژن توسط گوار نسبت داد.

نسبت برابری زمین

در ارزیابی نسبت برابری زمین (LER) مشاهده شد که بیشترین نسبت برابری زمین با مقدار ۱/۴۲، در تیمار ۷۵ درصد گوار + ۲۵ درصد نعناع‌فلفلی در شرایط کاشت تأخیری (P_5T_2) به‌دست آمد و در بقیه تیمارها به استثناء تیمار۵۰ درصد نعناع‌فلفلی + ۵۰ درصد گوار در شرایط کاشت هم‌زمان (P_3T_1)، نسبت برابری زمین بیشتر از یک بود. احتمالا به‌دلیل مهیا بودن آشیان اکولوژیک مناسب برای هر دو گیاه، استفاده از منابع محیطی برای گیاهان عادلانه بوده است و در این شرایط، حداقل رقابت برون‌گونه‌ای اتفاق افتاده است و در نهایت این ترکیب نسبت به تک کشتی برتری یافت. کم‌ترین میانگین نسبت برابری زمین ۰/۹۷ در تیمار۵۰ درصد گوار + ۵۰ درصد نعناع‌فلفلی در شرایط کاشت هم‌زمان (P_3T_1) دو محصول مشاهده شد (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین برخی صفات نعناع‌فلفلی تحت تاثیر نسبت‌کشت مخلوط گوار و نعناع فلفلی.

Table 5. Mean comparison of the effects of guar and peppermint intercropping ratios on some characteristics of peppermint.

Treatment	Plant Height (cm)	Leaf Number per plant	Leaf Weight (g)	Stem Weight (g)	Biological Yield (Kg.ha^{-1})	Essential oil percentage (%)	LER
P_1	51.7^{a}	311.7^{a}	67.3^{a}	48.3^{a}	673.7^{a}	1.67^{bc}	-
P_3T_1	40.9^{bc}	228.3^{c}	47.8^{bcd}	23.5^{b}	269.4^{e}	2.1^{a}	0.97
P_3T_2	41.1^{bc}	242.1^{bc}	51.1^{bc}	17.05^{c}	385.9^{cd}	2.07^{a}	1.21
P_4T_1	43.2^{b}	282.8^{ab}	57.3^{ab}	29.65^{b}	417.4^{bc}	1.45^{c}	1.21
P_4T_2	48.7^{a}	286.7^{ab}	53.1^{bc}	30.9^{b}	518.5^{b}	1.00^{d}	1.22
P_5T_1	37.4^{c}	205.8^{c}	42.5^{cd}	21.8^{b}	250.3^{e}	1.95^{ab}	1.34
P_5T_2	38.2^{c}	209.5^{c}	34.9^{d}	27.8^{b}	287.7^{de}	1.87^{ab}	1.42

حروف مشابه در هر ستون، نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD و در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد. P_3T_1: زمان اول، ۵۰ درصد نعناع + ۵۰ درصد گوار، P_3T_2: زمان دوم، ۵۰ درصد نعناع + ۵۰ درصد گوار،P4T1: زمان اول، ۷۵ درصد نعناع‌فلفلی + ۲۵ درصد گوار، P_4T_2: زمان دوم، ۷۵ درصد نعناع‌فلفلی + ۲۵ درصد گوار، P_5T_1: زمان اول، ۲۵ درصد نعناع‌فلفلی + ۷۵ درصد گوار، P5T2: زمان دوم، ۲۵ درصد نعناع‌فلفلی + ۷۵ درصد گوار.

Same letters in the same column are not significantly different at p<0.05 based on LSD test. . P3T1: first time, 50% mint + 50% guar, P3T2: second time, 50% mint + 50% guar, P4T1: first time, 75% peppermint + 25% guar, P4T2: second time, 75% peppermint + 25% guar, P5T1: first time, 25% peppermint + 75% guar, P5T2: second time, 25% peppermint + 75% guar

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی نتایج این آزمایش نشان داد که از نظر ویژگی‌های مورفولوژیک و عملکرد گوار، تیمار کشت خالص و تیمار ۷۵ درصد گوار + ۲۵ درصد نعناع‌فلفلی، بهترین تیمارها و از نظر واکنش ریخت شناسی و عملکرد نعناع‌فلفلی، تیمار کشت خالص نعناع‌فلفلی و کشت ۷۵ درصد نعناع‌فلفلی + ۲۵ درصد گوار مناسب بودند. با توجه به نتایج، کشت مخلوط نعناع فلفلی و گوار از نظر سودمندی کشت، بر تک کشتی هریک از این گیاهان ارجحیت داشت. با توجه به اثرات مطلوب اضافه کردن یک گونه جدید به اکوسیستم زراعی می‌توان کشت نسبت‌های ۷۵ درصد گوار + ۲۵ درصد نعناع‌فلفلی را توصیه کرد.

REFERENCES

1. Ahmadi Nouraldinvand, F., Moradi telavat, M. R., Siadat, S. A. & moshatati A. (2018). The reaction of vegetative and reproductive growth of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) to humic acid application with irrigation water in different planting densities. *Iranian Journal of Pulses Research*, 10(2), 104-118. (In Persian)
2. Amani Machiani, M., Javanmard, A. & Shekari, F. (2017). The effect of intercropping patterns on Peppermint (*Mentha piperita* L.) dry biomass yield and essential oil content and faba bean (*Vicia faba* L.) seed yield. *Journal of Crop Production and Processing*; 7 (3), 79-97. (In Persian)
3. Amani Machiani, M., Javanmard, A., Morshedloo M. & Maggi, F. (2018) Evaluation of competition, essential oil quality and quantity of peppermint intercropped with Soybean. *Industrial Crops and Products*, 111, 743-754.
4. Badakhshan, S., Amirinejad, M., Tphodinejad, E. & Parsa Motlagh, B. (2018). Evaluation of alternative series of tepary Bean (*Phaseolus acutifolus*) and tow millet (*Panicum miliaceum*) intercropping effects on some quantitative and quality traits and forage yield. *Journal of Crop Production*, 11(2), 151-167. (In Persian)
5. Ebrahim Ghochi, Z., Mohsenabadi, G. & Majidian, M. (2017). Evaluation of yield, quantity and quality traits in intercropping of peppermint (*Mentha piperita* L.) and fenugreek (*Trigonella foenum - graceum* L.) under different planting dates. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 27(3), 1-15. (In Persian)
6. Ebrahimi, S., Abbasi Sourki, A. & Fallah, S. (2017). Effects of different nitrogen levels and transplanting date on growth characteristics, yield and essential oil of Peppermint in row intercropping whit lentil. *Journal of Crop Production*, 10(3), 119-132. (In Persian)
7. Gholinezhad, E. & Rezaei Chiyaneh, E. (2014). Evaluation of grain yield and quality of black cumin (*Nigella sativa* L.) in intercropping with chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Iranian Journal of Crop Science*, 16(3), 236-249. (In Persian)

8. Gresta, F., Sortino, O., Santonoceto, C., Issi, L., Formantici, C. & Galante, Y. (2013). Effects of sowing times on seed yield, protein and galactomannans content of four varieties of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) in a Mediterranean environment. *Industrial Crops Production*, 41, 46- 52.
9. Hassiotis, C. N., Ntana, F., Lazari, D. M., Poulios S. & Vlachonasios K. E. (2014). Environmental and developmental factors affect essential oil production and quality of *Lavandula angustifolia* during flowering period. *Industrial Crops Production*, 62, 359-366.
10. Khorramdel, S., Siahmargue A. & Mahmoodi, G. (2016). Effect of replacement and additive intercropping series of ajowan with bean on yield and yield components. *Journal of Crop Production*, 9(1), 1-24. (In Persian)
11. Kiani, S., Moradi Telavat, M. R., siadat, S., Abdali Mashhadi, A. & Sari, M. (2015). Evaluation of qualitative and quantitative of forage yield in intercropping of barley and fennel at different levels of nitrogen. *Journal of Crops Improvement*, 16(4), 973-986. (In Persian)
12. Kodori, M. & Sharifi Ashourabadi, E. (2015). Evaluation of the quantitative yield in intercropping ratios of thyme (*Thymus Daenensis*) and alfalfa (*medicago sativa*). *Research in Crop Ecosystems*, 2(3), 1-12. (In Persian)
13. Koocheki, A., Nasiri Mahallati, M., Borumand, R., Jahani, M. & Jafari L. (2014). Yield responses of black cumin (*Nigella sativa* L.) to intercropping with chickpea (*Cicer arietinum* L.) and bean (*Phaseoluse vulgaris* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 12(1), 1-8. (In Persian)
14. Lithourgidis, A. S., Vlachostergios, D. N., Dordas, C. A. & Damalas, C. A. (2011). Dry matter yield, nitrogen content, and competition in P\pea-cereal intercropping systems. *European Journal of Agronomy*, 34(4), 287-294.
15. Maffei, M., & Mucciarelli, M. (2003). Essential oil yield in peppermint soybean strip intercropping. *Field Crops Research*, 84(3), 229-240.
16. Momen Keykha, M., Khammari, I., Dahmardeh, M. & Forouzandeh, M. (2016). Assessing yield and physiological aspects of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.) intercropping under different levels of nitrogen. *Agroecology*, *9*(4), 1050-1069. (In Persian)
17. Rafieiolhossaini, M., salehi, M., javadi, S., mosleh, Z. & Mohammad Khani, A. (2019). The effect of soil properties and manure application on morphological characteristics and quality of peppermint (*Mentha piperita* L.) medicinal plant. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 8(4), 1-21. (In Persian)
18. Rezaei-Chianeh, E., Dabbagh Mohammadi Nassab, A., Shakiba, M. R., Ghassemi-Golezani, K. & Aharizad, S. (2011). Intercropping of maize (*Zea mays* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) at different plant population densities. *African Journal of Agricultural Research.* 7, 1786-1793. (In Persian)
19. Rezaei- Chiyaneh, E., Tajbakhsh, M., Valizadegan, O. & Banaei Asl F. (2014). Evaluation of different intercropping patterns of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and lentil (*Lens culinaris* L.) in double crop. *Agroecology*, *5*(4), 462-473. (In Persian)
20. Rezvani Moghadam, P. & Moradi, R. (2012). Assessment of planting date, biological fertilizer and intercropping on yield and essential oil of cumin and fenugreek. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 43(2), 217-230. (In Persian)
21. Sakhavi, S., Amini, R., Shakiba, M. & Dabbagh Mohammadi Nasab, A. (2017). Effect of bio- and chemical fertilizers on grain and essential oil yield of cumin (*Cuminum cyminum* L.) in intercropping with faba bean (*Vicia faba* L.). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 27(2), 49-63. (In Persian)
22. Shabahang, J., Khorramdel, S. & Gheshm R. (2013). Evaluation of symbiosis with mycorrhiza on yield, yield components and essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and ajowan (*Carum copticum* L.) under different nitrogen levels. *Agroecology*. 5 (3), 289-298. (In Persian)
23. Siadat, S. A. & Moradi Telavat, M. R. (2013). *Forage crops*. University Publication Center. (In Persian)
24. Tabrizi, L. & Koocheki, A. (2015). *Medicinal Plant: Ecology, Production and Sustainable Utilization*. (2th ed). University of Tehran Press. (In Persian)
25. Tuna, C. & Orak, A. (2007). The role of intercropping on yield potential of common vetch (*Vicia sativa* L.) oat (*Avena sativa* L.) cultivated in pure stand and mixtures. *Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 2(2), 14-19.
26. Verma, R., Chauhan, A., Verma, R. S., Rahmanand, L. U. & Bish, A. (2013). Improving production potential and resources use efficiency of Peppermint (*Mentha piperita* L.) intercropped with Geranium (*Pelargonium graveolens* L. Herit ex Ait) under different plant density. *Industrial Crops and Products*, 44, 577-582.

27. Yilmaz, S., Ozel, A., Atak, M. & Erayaman, M. (2015). Effects of seeding rates on competition indices of barley and vetch intercropping systems in the Eastern Mediterranean. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 39, 135-143.
28. Zarifpour, N., Naseri M. T. & Nassiri Mahallati M. (2014). Evaluate the effect of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) on quantity and quality characteristic of species. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 12(1), 34-43. (In Persian)